¥1380 avec RAM HM4864P-2

ディジタル遅延用IC

M50195 ICパック

M50195&D-RAM

本章では，最近普及の著しいサラウンド・システムやカラオケ，電子楽器などに使用される遅延素子について解説します．

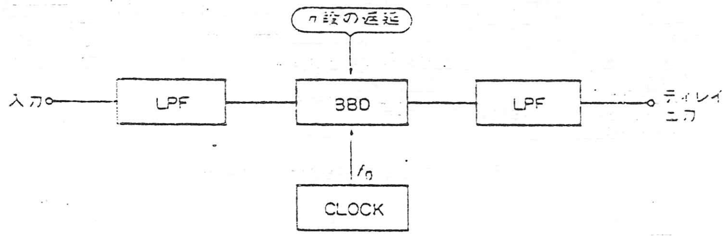
カラオケなどに用いられているエコーは，効果音として非常に有効です．このエコーの原理は，遅延素子を用いて原信号を少し遅らせた信号を作り，それと原信号を混合させた信号を出力させるというものです．

これまでは，この遅延素子にBBDが用いられていました(図1)．BBDの働きは，図2に示したように入力信号を電荷として内部の容量Cに蓄積し，アナログ・スイッチにより順次電荷を隣接する容量Cに伝送することで遅延を行っています．

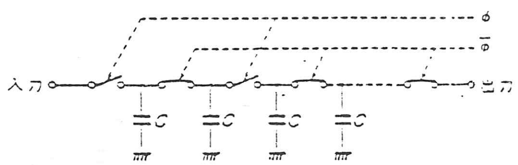
BBDは遅延素子として非常に便利な素子ですが，デバイス自身にばらつきがあったりして，使いにくい面があります．

ここでは，全く異なる方式で遅延回路を実現するICを紹介します．

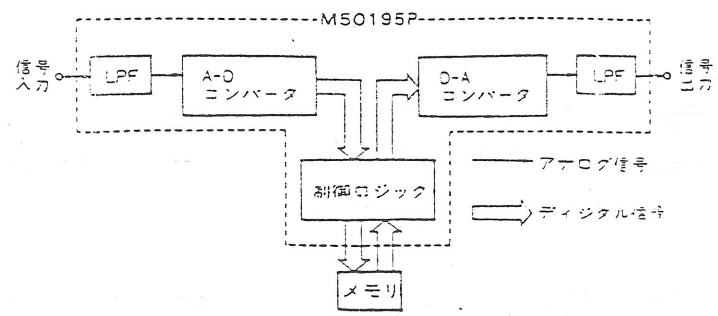
〈図1〉(1) BBDを用いた遅延回路



〈図2〉(1) BBDの内部構成



〈図3〉(1) ディジタル遅延システム



ADM方式による遅延素子 ディジタル・エコー M50195P

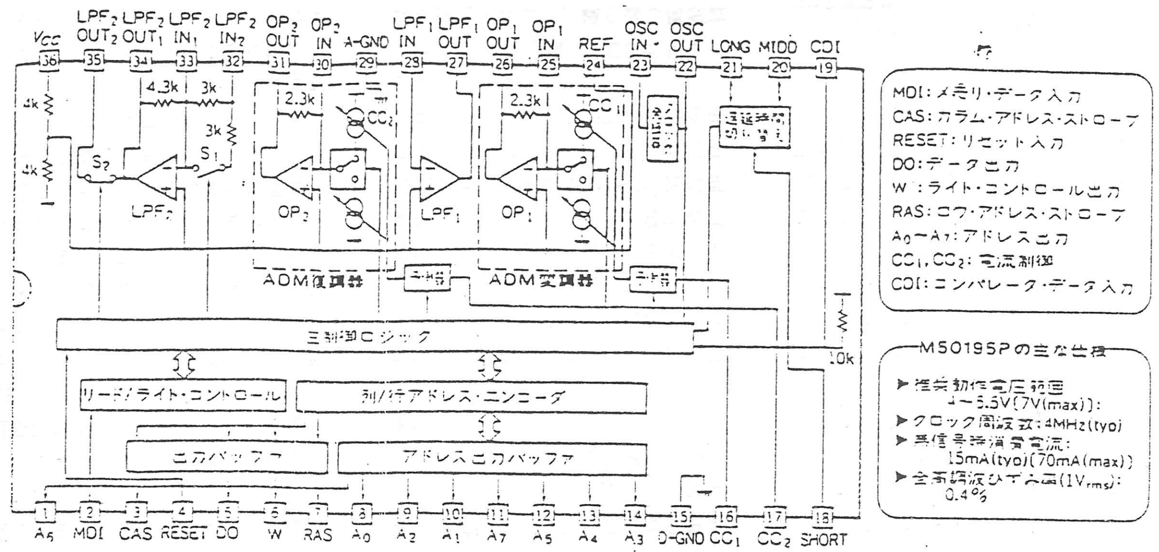
M50195Pは，ディジタル・エコーと呼ばれるICで，BBDなどと異なり，ディジタル的に遅延を行うICです．その構成を図3に示します．図3において，入力された信号はローパス・フィルタにより不要な高域成分を除去したあと，A-Dコンバータによってディジタル信号に変換されます．

このディジタル・データは，M50195Pに外付けするメモリに記憶され，一定時間後に再び読み出され，今度はD-A変換されてLPFを経てアナログ信号として出力されます．

ここでの遅延時間は前述の「一定時間」によります．実際は，サンプリング・クロックにより順次メモリに書き込んでいくので，少なくとも読み出すまでに記憶できるメモリ容量が必要です．また，最大遅延時間は，サンプリング周波数とメモリ容量によって決定されることになります．

Keywords
ディジタル・エコー，M50195P，BBD，遅延素子，ADM方式，予測器，帰還率，マルチ・エフェクタ，PCM，デルタ変調方式，適応型デルタ変調方式，グラニュラ雑音，オーバロード雑音，サラウンド・プロセッサ，リバーブ，ディレイ．

〈図4〉(1) M50195Pのブロック図と主な仕様



す．

さらに，信号を何ビットのデータとして記憶しておくかにより，必要なメモリ容量は変わります．

● ディジタル・エコーの動作

M50195Pは，ADM方式により音声信号をディジタル化しています．M50195Pの内部ブロック図を図4に示します．ADM変調器と復調器がA-D/D-A変換に相当します．

LPF_1を経た出力は，ADM変調器と外付けのコンパレータによりディジタル信号に変換されます．これは，ADMによる1ビット符号化信号です．このディジタル信号は19ピンを通して主制御ロジックに入ります．

主制御ロジック回路は，メモリからアドレスを選択し，符号化されたディジタル信号を外付けのメモリICに記憶します．それと同時に，主制御ロジック回路は，ある一定時間前に入力したアドレスを指定し，メモリ内容を読み出し，この信号をADM復調器へ入力します．

さらに復調された信号中に含まれるサンプリング周波数成分や不要な高域成分を除去するためにLPF_2を通って，最終的には34ピンから出力されます．

こうした動作によって，出力信号は入力信号から一定時間遅れることになり，この遅延信号を入力へ帰還すればエコー効果が得られます．

〈表1〉(1) M50195Pの遅延時間とサンプリング周波数の関係(マスタ・クロック4MHzの時)

遅延時間切り替え	サンプリング周波数 f_s(Hz)	メモリの使用ビット数 n(ビット)	理論上の遅延時間 T_d(ms)
SHORT	500 k	$2^{16}\times3/4$	98.3
MIDD	250 k	$2^{16}\times3/4\times3/4$	147.5
LONG	250 k	$2^{16}\times3/4$	196.6

また，M50195Pにはリファレンス電圧発生回路が内蔵されており，アナログ回路のリファレンス電圧($1/2V_{CC}$)を発生し，OPアンプのバイアスとなります〔V_{CC}(36ピン)の電圧を1/2とし，REF(24ピン)に外付けコンデンサをつける〕．

予測器は，ひずみやS/Nを改善するために，ADM変復調器を最適動作させるために設けられています．

クロック発生回路は，ロジック部のマスタ・クロックを発生させますが，標準クロック周波数f_{CK}は4MHzになっています．

pulse code

パルス・コードの符号化について

パルス・コードの符号化において，ディジタル化に必要なビット数は忠実度を決定し，ビット数を増やすほど忠実度が増し，雑音も少なくなります．一般には，ビット数をbとすると，ほぼ$6(b-1)$dBのS/Nが得られるといわれています．

また，サンプリング周波数は，サンプリング定理により必要とする音声の帯域の2倍以上が必要です．例えば，10kHzまでの帯域で，12ビットのPCMで，200msの遅延を行うためには，

$$10\text{kHz}\times2=20\text{kHz}$$

のサンプリング周波数が必要であり，

$$20\text{kHz}\times0.2\text{sec}\times12\text{ビット}=48\text{Kビット}$$

のメモリが必要になります．

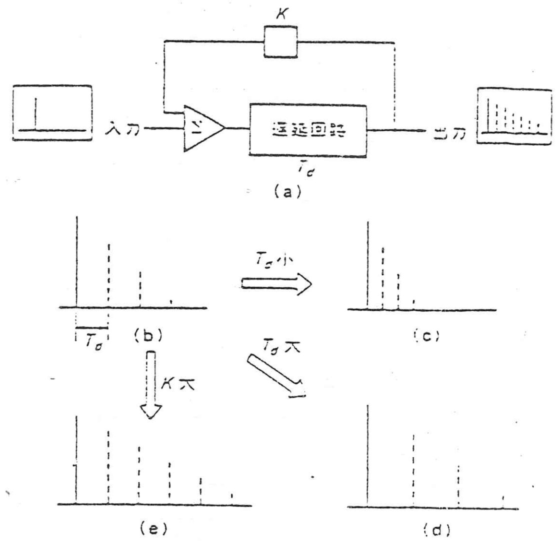
遅延時間の設定は3種類のモードがあり，表1に示したようにSHORT(18ピン)，MIDD(20ピン)，LONG(21ピン)をそれぞれ"H"にすれば，100ms，150ms，200msに切り替えることができます．

ブロック図には示されていませんが，遅延時間を切り替えると利得や低域周波数特性，帰還量も切り替わるようになっています．

S_2は，帰還量切り替えスイッチでメーカのカタログではSHORT，MIDD時にONになり，遅延出力の入力への帰還量をLONG時より増加させると書かれています．おそらく遅延時間が短くなった時のエコー感の減少を補うものでしょう．

S_1は利得，低域周波数特性を切り替えるものですが，SHORT時に入出力間利得をMIDDやLONG時より6dB上昇させます．また，32ピンに外付けするコンデンサ(C=0.47μF)により，低域周波数特性をSHORT時は240Hz以下をカットMIDD，LONG時は120Hz以下をカットするハイパス・フィルタに変わります．これも，各モードにおいてのエコー感の確保と効果の安定化を図るためのものです．

〈図5〉遅延時間，帰還率とエコー・パターン



● 遅延時間と効果

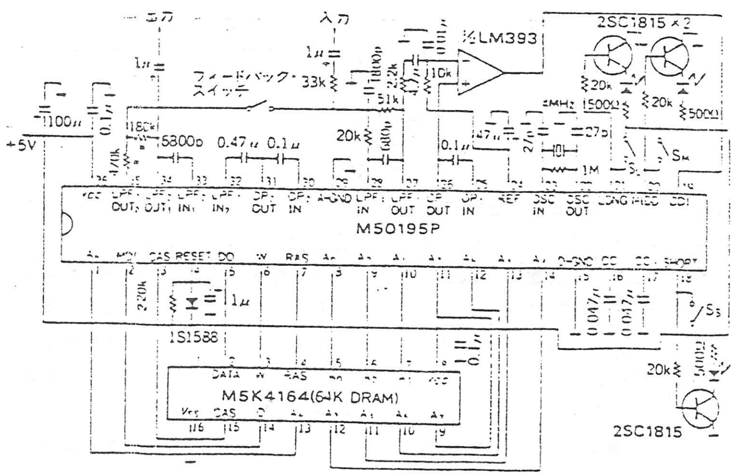
図5(a)に示す遅延回路を帰還したシステムでエコー効果を得ます．一般に，原信号からの遅れが約50ms以上あると，二つの信号に聞きとれるといわれています．したがって，エコー効果を得るには，この50msよりも大きな遅延時間が必要です．

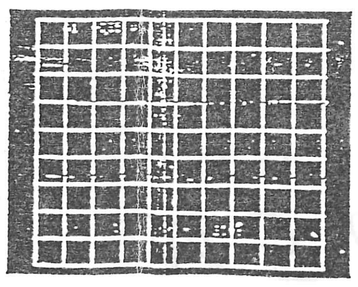
M50195Pの遅延時間は，表1に示すように十分な遅延時間が確保されています．

帰還率は，エコーの繰り返しを決めるもので，大きくすることでエコー音が長く尾を引くようになるわけですが，あまり長くすると不安定となり，しまいには発振してしまいます．

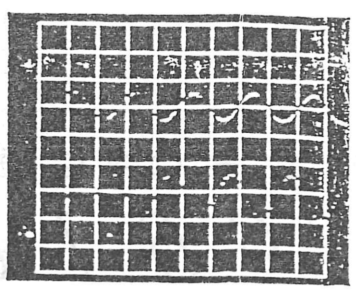
図6にM50195Pを使用したエコー回路の例を示します．外付け回路としてコンパレータとDRAMを必要としますが，ディジタル・エコーがこのような小規模なシステムで実現できることは大変素晴らしいことだと思います．

〈図6〉[1] M50195Pによるエコー回路

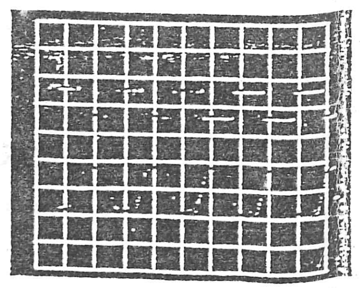




〈写真1〉パルス波応答(入力：上，出力：下，MIDD，FB=OFF)〔1V/div，20ms/div〕



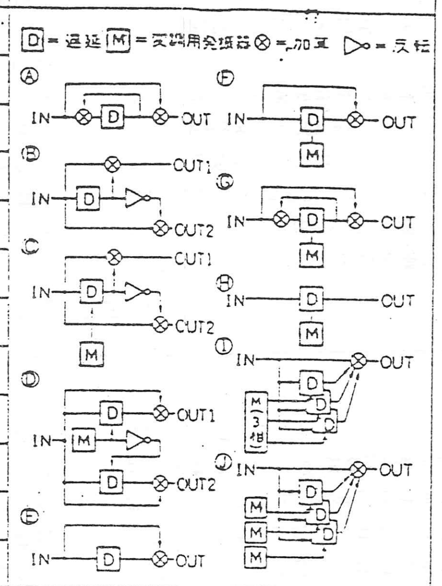
〈写真2〉正弦波入力(上)，出力(下)〔1V/div，500μs/div〕



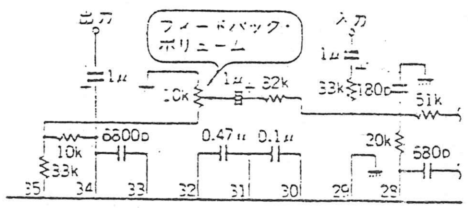
〈写真3〉方形波入力(上)，出力(下)〔1V/div，500μs/div〕

〈表2〉遅延を利用した各種効果の例

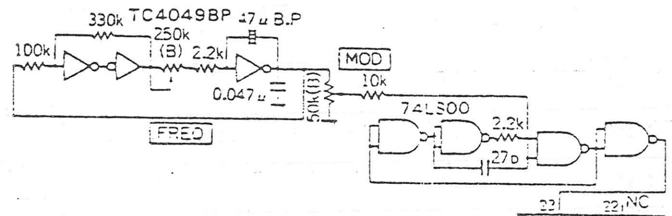
	遅延量	変調	システム	効果
エコー(ディレイ)	50ms～	――	Ⓐ	山彦のように音が連続して聞る．リバーブの代用として用いる場合もある
ステレオ	5～20ms	0.2～1Hz(またはなし)	Ⓑ or Ⓒ	音に広がりを出す
ステレオ(2相)	5～20ms	0.2～1Hz(またはなし)	Ⓓ	音に大きな広がりを出す
ダブリング	10～40ms	――	Ⓔ	音ににじみを出す
コーラス	5～30ms	0.2～1Hz	Ⓒ or Ⓕ	音にうるおいを出す
コーラス(2相)	5～30ms	0.2～1Hz(2相)	Ⓓ	音に強いうるおいを出す
コーラス(3相)	5～30ms	0.2～1Hz(3相)	Ⓘ	音に非常に強いうるおいを出す
フランジャ	0.5～10ms	0.1～10Hz	Ⓖ	音に強いうねり，クセをつける
ビブラート	10～30ms	5～7Hz	Ⓗ	音程をふるわせる
アンサンブル	5～20ms	0.2～1Hz, 5～7Hz 混合	Ⓒ or Ⓕ	数人による合奏感
アンサンブル(3相)	5～20ms	0.2～1Hz, 5～7Hz 混合	Ⓘ	数人による強い合奏感(「ソリーナ」で使用)
アンサンブル(3周波)	5～20ms	0.2～1Hz, 2～4Hz, 5～7Hz	Ⓙ	数人による強い合奏感(「オムニ」で使用)



〈図7〉フィードバック・ボリューム回路



〈図8〉マルチ・エフェクタ用クロック回路



すでに説明したように，3段階の遅延時間を得るためのスイッチ回路，LED表示回路を内蔵しているので，セットとしてまとめるのも非常に簡単です．

＊印の抵抗は，フィードバック用の抵抗です．安定性や効果の点から調整が必要な場合もあります．

図6における入出力波形を写真1～写真3に示します．

図7のようにフィードバック・ボリュームを設けると，その場に合わせた効果にすることができます．

使用感は，ノイズも少なく十分な遅延時間もとれており，エコー感も適量です．

LONG，MIDDではエコー成分がはっきり分離して聞こえることもあり，帯域の狭さが若干気になる感じもありますが，かえってソフトなエコーとなり好感がもてる音質といえます．

図8に，マルチ・エフェクタとして応用する場合のクロック回路を示します．遅延回路を用いたエフェクタでは，遅延量に変化を加えることで様々な効果を作り出すことができます．TC4049BPは三角波発振器で，FREQボリュームで0.1～10Hz程度の可変ができます．74LS00は可変クロック・ドライバで約4MHzを中心に発振します．

周波数の変化幅はMODボリュームで決定されます．繰り返し周波数の可変は，前述のとおりFREQのボリュームです．この回路により，トレモロ，ビブラートなどの効果が得られます．遅延時間を短くできれば(メモリ容量を少なくする)，表2に示したように，さらにコーラス，フランジングなどの効果が得られます．

BBDと比べると，長時間の遅延が容易にできます．また，調整もなく実装上の設計も非常に簡単となるように思います．

注意したいのは，電源電圧が5Vであり，入力電圧にも制限があることです．ダイナミック・レンジを最大限に活かすような入力レベルの設定が必要です．

●参考・引用＊文献●
(1)＊三菱電機，M50195データ・シート．
(2) 安居院猛，中島正之著；コンピュータ音声処理，pp.18～35，産報出版．